

Пленки титаната-станната и титаната-цирконата бария для сверхвысокочастотных применений

А.В. Тумаркин, А.Г. Гагарин, Е.Н. Сапего

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ», 197376

Санкт-Петербург, Россия

e-mail: avtumarkin@yandex.ru

Сегнетоэлектрические (СЭ) материалы обладают зависимостью диэлектрической проницаемости от напряженности приложенного электрического поля, что делает их привлекательными для использования в сверхвысокочастотной (СВЧ) электронике. Наиболее исследованными материалами для СВЧ применений являются твердые растворы титаната бария-стронция $Ba_xSr_{1-x}TiO_3$.

Вместе с тем, существует ряд материалов, потенциально перспективных для использования на СВЧ по сравнению с BST, но мало исследованных с этой точки зрения. К ним относятся твердые растворы титаната-цирконата бария $BaZr_xTi_{1-x}O_3$ (BZT) и титаната-станната бария $BaSn_xTi_{1-x}O_3$ (BSnT). Интерес к этим соединениям определяется высокими значениями диэлектрической проницаемости при комнатной температуре; высокой диэлектрической нелинейностью и низкими диэлектрическими потерями, что перспективно для СВЧ применений.

В данной работе исследуются структурные и диэлектрические свойства пленок BZT и BSnT. Пленки осаждались методом ионно-плазменного распыления керамических мишеней на подложки оксида алюминия в газовой смеси аргона и кислорода. Температура подложек менялась в диапазоне 650–850°C. После осаждения проводился отжиг пленок при температуре 1100°C на воздухе в течение 2 часов. Толщина слоев составила ≈ 500 нм.

Фазовый анализ сформированных BZT и BSnT пленок, проведенный с помощью рентгеновского дифрактометра ДРОН-6, показал, что выше 650°C кристаллизуются поликристаллические слои со структурой перовскита, по компонентному составу весьма существенно отличающиеся от состава мишени. Обнаружено, что с ростом температуры подложки изменяется ростовая текстура пленок, а в результате отжига на воздухе происходит перераспределение титана между вторичными фазами простых оксидов и СЭ твердыми растворами, в результате чего состав твердого раствора после отжига повторяет состав мишени. Исследование микроструктуры (REM EVO-40 и Ntegra NT-MDT) показало, что поперечный размер зерен варьируется в диапазоне 100–300 нм, а шероховатость слоев не превышает величину 20–30 нм.

Для электрических исследований сформированы планарные конденсаторы. Измерения емкости C и добротности $Q = 1/\tan \delta$ конденсаторов проведены на частоте 2 ГГц. Образцы, подвергнутые высокотемпературному отжигу, проявляют высокую диэлектрическую нелинейность: управляемость конденсаторов, рассчитываемая как отношение максимальной и минимальной емкостей, достигает 4 (75% tunability) при напряженности управляющего поля в зазоре 60 В/мкм и добротности порядка 30. Для исследуемых твердых растворов в планарном исполнении данные значения получены впервые.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках проекта № 19-37-90055.